

学校编码: 10384
学号: 20051302538

分类号____密级____
UDC____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

结合小波和分形的图像处理算法及其应用研究

Research of Algorithms in Image Processing
Based on Fractal and Wavelet Theory

孙晓妍

指导教师姓名: 董槐林 教授

专 业 名 称: 计算机软件与理论

论文提交日期: 2008 年 5 月

论文答辩时间: 2008 年 月

学位授予日期: 2008 年 月

答辩委员会主席: _____
评 阅 人: _____

2008 年 5 月

厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版,有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅,有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索,有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1. 保密 (), 在 年解密后适用本授权书。
2. 不保密 ()

(请在以上相应括号内打“√”)

作者签名: _____ 日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

导师签名: _____ 日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

摘 要

在图像处理领域，图像去噪和分割占有重要的地位，许多研究者对此进行了深入的研究并有了相应的成果，其中很多都比较成功。但是面对某些领域具体应用的需求，仍有必要对很多现有方法做出相应的改进，使处理结果能够更好地达到应用要求。

分形和小波都是近年来兴起的数学理论，在图像处理方面的应用已有许多研究。分形与小波理论之所以能够结合起来应用，是因为二者在本质上有着很大的相关性。分形理论研究物体的局部特征以确定其整体特性，小波理论则采用局部对整体依赖性的系统论方法进行分析。在图像处理领域，小波有很多比较成熟的理论和方法，而分形尚处于开始阶段但却具有巨大的发展潜力，因此将二者结合起来进行研究会有很好的发展空间和前景。

本文首先介绍了分形和小波的基本理论，阐述了二者的内在关系，然后分别针对图像分割和图像去噪这两方面讨论了它们的相关理论和应用方法。在图像分割方面，本文针对高分辨率遥感海面图像中船只检测问题，提出了一种分形与小波理论相结合的区域分割算法。此算法中采用了一种改进的盒模型分维数差分计算技术。在图像去噪方面，本文引入了一种关联维数模型并讨论了其在图像处理领域的应用，研究了利用这种关联分维数对小波包分解系数进行分析的方法，针对以自然物为主的图像去噪这一目的，提出了一种具有自适应性的控制小波包分解层数的新算法。实验结果表明，相关理论和方法是有效的。

关键词：分形；图像分割；图像去噪

Abstract

Image denoising and segmentation are important in the area of image processing. Many people have done lots of researches deeply and presented relevant methods, many of which are successful. However, many improvements are still needed in order to match the concrete requirements of applications.

Fractal and wavelet are new theories in mathematics. These theories have been applied in many subjects, including image processing. The combination between them is based on their close relationship. In fractal, local characters are researched in order to make sure entire characters; in the theory of wavelet, some systematic methods are used, which are about dependency between part and whole. In image processing, many approaches about wavelet are successful, and fractal has much potential although it is just in the beginning. It is a hopeful area for us to combine these theories and to use these.

This thesis starts with the basic theories of fractal and wavelet, introduces their relationship, and then discusses their applications in image segmentation and image denoising. In image segmentation, this thesis provides an approach based on fractal and wavelet analysis, which is in order to solve the issues of region-based segmentation in high-resolution remote sensing sea images. In the approach, a new method based on differential box counting is presented. In image denoising, a model of correlation dimension is used, and the ways to analyze wavelet packet coefficients by the model are discussed. For some images in which natural objects are main, a new method is presented, which can control the decomposition order of wavelet packet transform adaptively according to the status of noise. Relevant experiments have been analyzed, which prove that these theories and methods are useful.

Key words: Fractal; Image Segmentation; Image Denoising

目 录

第一章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 课题研究的意义与理论依据	1
1.3 课题研究发展状况及问题	3
1.4 本文结构安排	5
第二章 分形的相关理论.....	7
2.1 分形理论的发展状况	7
2.2 分形及分形维数的定义	8
2.2.1 分形的定义.....	8
2.2.2 关于分形维数.....	9
2.3 图像处理中的分维数计算方法介绍及分析	9
2.3.1 盒模型及其计算方法.....	9
2.3.2 ε —毯子模型计算方法	11
2.3.3 基于分数布朗随机场模型的计算方法.....	12
2.3.4 关联维数模型.....	13
2.3.5 多重分形.....	14
2.4 本章小结	15
第三章 小波分析的相关理论.....	16
3.1 小波分析基本定义及计算方法	16
3.1.1 连续小波变换及其性质.....	16
3.1.2 离散小波变换.....	18
3.1.2 多分辨率分析.....	18
3.1.4 小波包分析.....	20
3.2 小波分析的基本应用	21
3.2.1 一维小波的应用.....	21
3.2.2 二维小波的应用.....	22
3.3 小波应用中的问题分析	23
3.3.1 小波函数的性质.....	23
3.3.2 常用小波函数性质的总结.....	24
3.4 本章小结	26
第四章 基于小波和分形的图像分割算法.....	27
4.1 图像分割算法概述	27
4.1.1 图像分割的定义及基本方法.....	27
4.1.2 图像分割应用分形理论的研究.....	28
4.2 结合小波和分形理论的船只目标区域分割	29
4.2.1 现有问题分析.....	29

4.2.2 基于改进差分盒维的区域分割算法.....	30
4.3 实验结果与分析	32
4.4 本章小结	37
第五章 基于小波和分形的图像去噪算法.....	38
5.1 图像去噪算法概述	38
5.1.1 图像去噪的基本理论和方法.....	38
5.1.2 图像去噪中的小波包分析方法.....	39
5.2 基于小波和分形的去噪方法	40
5.2.1 小波包分解系数间相关性的探讨.....	40
5.2.2 关联维数模型应用于图像处理的计算方法.....	41
5.2.3 利用关联维数选择小波包分解层数的算法.....	42
5.3 实验结果及分析	45
5.4 本章小结	50
第六章 结论与展望.....	51
参考文献	53
攻读硕士期间科研成果	58
致 谢	59

厦门大学博硕士论文摘要库

CONTENTS

Chapter 1 Introduction.....	1
1.1 Forward.....	1
1.2 Background and Significance	1
1.3 Research Status and Problems	3
1.4 Outline of Thesis	5
Chapter 2 Fractal and Models in Image Processing	7
2.1 History of Fractal	7
2.2 Definitions in Fractal	8
2.2.1 Definition of Fractal	8
2.2.2 Definition of Fractal Dimension	9
2.3 Fractal Dimensions in Image Processing	9
2.3.1 Box Counting Model.....	9
2.3.2 ε —Blanket Model.....	11
2.3.3 Fractional Brownian Random Field Model.....	12
2.3.4 Correlation Dimension Model.....	13
2.3.5 Multi-Fractal model.....	14
2.4 Summary.....	15
Chapter 3 Application of Wavelet Analysis	16
3.1 Related Definitions and Methods.....	16
3.1.1 Continuous Wavelet Transform	16
3.1.2 Disperse Wavelet Transform.....	18
3.1.3 Multi-Resolution Analysis	18
3.1.4 Wavelet Packet.....	20
3.2 Basic Application.....	21
3.2.1 1- Dimension	21
3.2.2 2- Dimension	22
3.3 Issues of Application	23
3.3.1 Characters of Wavelet Functions	23
3.3.2 Summary of usual Wavelet Functions	24
3.4 Summary.....	26
Chapter 4 Image Segmentation Based on Fractal and Wavelet	27

4.1 Image Segmentation and Fractal Methods	27
4.1.1 Introduction to Image Segmentation	27
4.1.2 Fractal Methods	28
4.2 Region-based Segmentation for Boat Targets	29
4.2.1 Analysis of Issues	29
4.2.2 A New Segmentation Method Based on DBC	30
4.3 Results and Analysis	32
4.4 Summary	37
Chapter 5 Image Denoising Based on Fractal and Wavelet	38
5.1 Introduction to Image Denoising	38
5.1.1 Basic Knowledge and Algorithms	38
5.1.2 Application of Wavelet Packet	39
5.2 A New Method in Images Denoising	40
5.2.1 Foundation of Algorithm	40
5.2.2 Correlation Dimension in Image Denoising	41
5.2.3 Application of Correlation Dimension	42
5.3 Results and Analysis	45
5.4 Summary	49
Chapter 6 Conclusions and Discussions	51
References	53
Publications	58
Acknowledgements	59

第一章 绪论

1.1 引言

有研究表明，与人的其他感官相比，视觉是人们获取信息的主要途径，人类所接收到的全部信息的 80%以上是通过视觉得到的。而图像和文字信息这同为视觉信息源的二者相比较，图像包含的信息更直观，通常信息量也更大，因而其使用效率更高，并有更广泛的适用性。

目前，图像处理和分析逐渐形成了自己的科学体系，新的处理方法层出不穷，已引起各方面人士的广泛关注。图像处理技术已成为计算机科学、物理学、生物学、医学甚至社会科学等各学科领域之间学习和研究的对象。例如通过分析一些卫星图像可以获得人眼无法直接观测的物体和资源信息，这既包括宇宙飞船拍摄到的月球表面，也包括气象卫星拍摄到的地球大气以及资源卫星获取的矿产资源信息；CT 已广泛应用于医学临床诊断，由于它可得到人体内部器官的断层图像，因此可以帮助医生确定病灶位置，为诊断、治疗疾病带来了极大便利；在安全保障及视频监控方面，图像处理技术更是不可缺少的基本技术；它在工业生产的产品质量检测方面也起着很重要的作用。除了已经进入工业、医学、航空航天、军事、安全保卫等领域外，图像处理技术的应用现在也得到了进一步的深化，可以看到它在人们日常生活中的应用正变得越来越广泛。数码相机的普及，手机拍照功能的完善，乃至网络卫星地图的流行都使得人们在生活中能够有机会经常接触到数字图像以及相关处理技术，并随着对它的进一步了解产生了对于图像处理新技术的众多需求。图像处理技术的改革创新方兴未艾，它在人们生活中必将扮演越来越重要的角色。

1.2 课题研究的意义与理论依据

对于图像处理的定义有广义和狭义之分。广义上，图像处理包括一大类图像技术，可以泛指各种图像技术，狭义上它是指针对各种不同的目的对图像进行

各种加工，使最后得到的图像能够便于下一步的操作，例如目标识别、图像存储和传输。

狭义的图像处理与图像分析、图像理解共同组成了一个综合了所有图像技术的框架，即图像工程。它与众多学科有着联系，如图 1-1 所示：

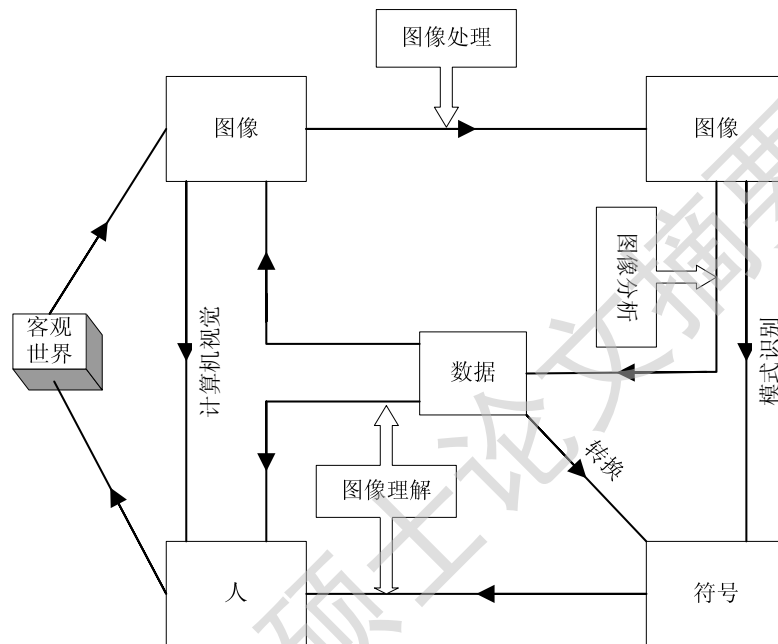


图 1-1 图像工程与其他相关学科的关系

本课题中的图像处理是指针对数字图像的图像处理技术。图像处理过程可分为数据收集、特征抽取，以及识别这样三个大的过程，前两个阶段合起来又称为图像预处理过程。图像降噪和分割是整个图像处理中较为重要的两个部分，已经有很多与此相关的处理方法，但随着新的理论（尤其是数学、物理相关理论）的产生，新的处理方法不断被提出，而且往往都会有各自比较适用的范围。自 20 世纪 80 年代分形与小波分析相继出现以后，这两方面理论的影响就不仅仅只限于数学领域，它们立刻被广泛地应用于自然学科和社会学科各个方面。其中小波分析广泛应用于信号处理、图像处理以及地质勘探等许多数据分析的领域。分形由于既有深刻的理论意义又存在巨大的实用价值，吸引着人们不断寻求其中可能存在的新规律和新特征。目前它应用于天气、水文、生物等诸多方面，计算机方面主要是图形学和图像处理等领域。

分形理论研究物体的局部特征以确定其整体特性，小波理论采用局部对整体

依赖性的系统论方法进行分析,这两者间有着很大的相关性。因为小波变换具有放大和位移的功能,所以利用它进行分析的过程与从远到近观察研究物体的过程相类似,这与分形理论的本质——尺度变换是一致的,因此,小波与分形相结合的应用日益广泛。仅就图像处理这方面而言,小波分析的方法相对较成熟,分形的许多理论的应用尚在探索阶段,但由于二者理论间有某种内在的联系,所以将二者结合进行图像处理方面的研究是一个趋势,其中图像去噪、分割和识别这几方面的研究已经展开了。

1.3 课题研究发展状况及问题

利用小波分析进行图像处理,某些领域已经有了比较成熟的方法并得到了现实中广泛的应用,如图像压缩领域中的标准 JPEG2000 就已应用了小波分析的算法。但是这一领域仍有许多值得探索的问题,比如针对不同对象和目标,如何构造和选取更为恰当的小波函数;对于小波分解到什么程度或者说层数比较合适,目前也尚无统一的标准;小波分解得到的频率信息如何更有效地利用等等。而另一方面,分形理论在图像处理方面的研究目前尚无一个统一的、成熟的方法,基本上都处于探索阶段,比如分维数计算模型的建立、相应的快速算法的设计和选取,以及其适用范围等等都是研究的热点,很多学者对此做出了研究^[1]: Voss 和 Keller 提出了一种针对盒模型的计算方法, Chaudhuri 提出了差分盒维计算方法, Peleg 提出了基于分数布朗运动(FBM)模型的 ε -毯子模型计算方法, Pentland 提出了基于分数布朗随机场(FBR)型的计算方法等等。而结合小波与分形的方法在上述这些方面也有相应的关注点。

结合小波分析进行图像处理的分形方法,一般都是将二维离散小波变换作为一种工具,以提取图像在不同时、频区域的特征数据,然后在此基础上作基于分形理论的研究,研究过程中还可使用一维小波分解求模极大值等方法进行数据分析。因此,在这种方法中,如何有效使用小波分析这一工具是一个关注点,但更为主要的仍是对分形理论应用的探索。目前,人们已经发现单纯依靠分维数进行分析存在很大的不足,因此在分维数的基础上提出了诸如多重分形谱,广义分形等进一步的分形方面的概念,以研究物理量在分形结构上的分布特性来达到相

应目的,但这些理论除了本身尚待完善的一些问题外,还受其基础的问题影响,比如计算模型的构造、选取等等。所以,关于分形理论中这些比较新的概念的讨论非常多,其中也有许多方法值得尝试。

具体到图像降噪领域中,目前使用小波进行处理的方法比较多。总的来说^[2],小波去噪在噪声为高斯分布时,取得了比较好的效果,但是对其他噪声分布的研究不是很多,如混合噪声、重尾噪声。这是因为一方面日常出现的噪声一般都服从或近似于服从高斯分布,另一方面非高斯分布噪声往往都有比较复杂的模型,用现有的数学工具很难得到理论性的结果。虽然如此,许多学者还是做了一些有益的尝试:Badulescu 等人将小波阈值萎缩法、小波比例萎缩、中值滤波三者结合起来,对带有混合噪声的信号进行去噪;Krim 等人通过选择一种使得分布熵最大化的重尾噪声——Huber 分布,并结合 MDL 准则得出新阈值用于图像去噪。分形去噪的研究开展时间不久,方法相对不是很多,但与小波去噪的研究相对应的是,目前该方面的研究集中于对噪声模型进行分形分析,并在此模型基础上选择相关算法进行降噪^[3],比如针对 $1/f$ 噪声的模型分析与处理^[4],在这过程中很多方法已经结合了小波分析的方法。在其他方面结合这两种理论进行处理的去噪算法不是很多,基本都是对于针对某一类具体图像及噪声类型提出相应算法,比如 SAR 图像的去噪^[5],基本上还没有能够广泛适用于各种图像的算法。

在图像分割领域,小波分析有很多方法,基本上都是对代表图像主要特征的小波分解后的低频信息进行处理,多用于图像中小目标的检测。这类方法通常需要与其他理论结合使用,除了传统的分水岭算法、形态学外还有其他许多新方法,比如主动轮廓线模型^[6]等等。与图像去噪方面的应用相比较,分形在图像分割这方面的相关算法更多一些,应用的领域也比较多,往往是根据比较具体的图像和目标的特点来进行算法的设计。鉴于分形理论的特性,这些算法一般都是针对以自然物体为主的图像,主要利用分维数进行处理,比如利用分形数进行纹理图像的分割^[7]。很多研究者在进行图像分割时对分维数的计算模型及计算方法作了相应的改进,例如^[8]:马兆勉等为了采用地毯覆盖法计算图像任意区域的分形特征和加快计算速度,引入FIFO结构,运用数字形态学中的分水岭算法分割得到的集水区,计算图像的区域分维数,从而进行自然背景下的人工目标检测和识别^[9];朱光喜等采用离散分数布朗增量随机场,计算特征参数值、方差和平均灰

度值,结合聚类技术,实现了图像分割^[10];黄寰等针对加性高斯白噪声情况,对分形参数的估计是先滤波再差分,从而平滑和抑制噪声,实现了有噪图像的边缘检测^[11];杨绍国等采用小波变换的多尺度分解方法分解原图像得到N个尺度上的图像分量,计算不同尺度的图像分量的分形特征参数,并结合Kohonen自组织神经网络(SOM)进行特征空间聚类,获得了较好的自然或人造纹理图像分割效果^[12];田杰等对图像检测区域进行小波变换,分别计算区域的低频、水平子图、垂直子图和对角线方向子图的分维数并组成联合特征矢量,在构成的四维模式空间内对目标检测和识别,该方法能有效区分人造物体和自然背景,但计算量较大^[13]。

总体而言,图像去噪与分割这两方面都有了利用更进一步的分形理论(如上文提到的多重分形谱)进行研究的趋势^[2,14]。但是尽管从目前应用的实验结果来看它们在某些方面的确有优势,但新的理论仍然有很多不完善之处,需要进一步研究、完善,相应的,其有关应用则需要更多的尝试。

1.4 本文结构安排

本课题属于国家 985 二期信息创新平台项目,研究内容为基于分形与小波理论的数字图像处理,主要集中在图像分割与图像去噪两方面。

本论文的工作为:

- (1) 研究分形理论与小波分析相结合的方法和应用;
- (2) 针对高分辨率遥感海面图像中船只检测问题,研究分形与小波理论相结合的算法进行图像分割;
- (3) 采用分形与小波包分解结合的方法对图像去噪进行研究。

论文的写作安排如下:

第一章 概括介绍分形与小波理论在图像处理方面的发展,二者结合进行图像处理的理论依据以及目前相关研究的概况。最后介绍本课题的来源以及本论文的结构与内容。

第二章 简要介绍分形理论的发展历史与基本理论,分析了在图像处理领域,分形理论的经典模型与相关算法。

第三章 介绍了小波分析的基本理论、相关的应用,以及一些常用小波函数

的性质,在对这些性质进行总结的基础上探讨了在某些实际应用中选择具体小波函数应注意的问题,提出了一些建议。

第四章 介绍了图像分割的基本定义与理论,针对高分辨率遥感海面图像中船只检测问题,提出了采用分形与小波结合的理论进行图像区域分割的算法,并对实验的结果进行了分析。该方法针对这类图像的特点,采用了一种改进的差分盒维计算方法来分析小波变换后的频谱信息,以达到对船只目标进行区域分割的目的。

第五章 讨论了图像去噪的基本方法和小波去噪的相关理论,探讨了在这一过程中分形理论的应用,并提出了一种新的分析方法,该方法引入了一种关联分维数模型在图像处理中的计算方法。针对以自然物为主的图像消噪,提出了一种具有自适应性的控制小波包分解层数以形成最佳的分解树的算法。并将此算法结合传统小波域阈值去噪算法进行了实验,实验结果证明该方法是有效的。

第六章 总结与展望。对全文作总结,提出下一步的工作。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库